

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

RACIONALIZACE VÝROBY ŘETĚZOVÉHO KOLA V PODMÍNKÁCH PME spol. s r.o.

Rationalization of Chain Wheel Production
in the Company PME spol. s r.o.

Bakalářská práce

Student:

Lubomír Zdráhal

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student:

Lubomír Zdráhal

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Racionalizace výroby řetězového kola v podmínkách PME s. r. o.
Rationalization of Chain Wheel Production in the Company PME s. r. o.

Zásady pro vypracování:

1. Přehled současného stavu výroby zadaného dílce.
2. Návrh technologie výroby s aplikací CAD/CAM systému.
3. Technicko – ekonomický přínos navrhovaného řešení.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ediční středisko VŠB – TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] AB Sandvik Coromant. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. 1. vyd.. Praha, 1997. 980 s. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [3] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. VŠB – TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
- [4] JANDEČKA, K. *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.

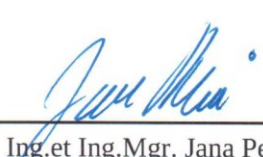
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2013

..... Lubomír Zolrheľ

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.5.2013

Lubomír Zdráhal

podpis studenta

Adresa trvalého bydliště studenta:

Lubomír Zdráhal

Tyršova 12

751 24 Přerov - Předmostí

Anotace bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je co nejefektivněji navrhnout technologický postup výroby řetězového kola pomocí systému CAD/CAM a porovnat jej se stávající výrobní technologií v konkrétní společnosti. První kapitola práce se věnuje problematice současného stavu technologické výroby v podmínkách společnosti PME spol. s r.o. Druhá kapitola předkládá návrh na využití moderní výrobní technologie pomocí CAD/CAM systému. Poslední kapitola této práce porovnává časové a ekonomické přínosy obou variant technologie výroby. Součástí práce je výkresová dokumentace v příloze.

Annotation of the Bachelor Work

The aim of this Bachelor thesis is to suggest a technological process of chain wheel manufacturing in the most effective way using a CAD/CAM system and to compare that with the current production technology used in a chosen company. The first chapter deals with the current state of technological production in the company PME spol. s r.o. The second chapter provides a proposal and utilization of modern production technology using a CAD/CAM system. The last chapter compares temporal and economical benefits of both variants of production technology. The drawing documentation is included in this thesis.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Doc. Ing. M. Sadílkovi, Ph.D za konkrétní odborné připomínky, které přispěly ke zkvalitnění předkládané práce a firmě PME spol. s r.o. za spolupráci a poskytnutí výrobních informací.

OBSAH

Úvod	9
1 Úvod do problematiky výroby zadaného dílce.....	11
1.1 Způsoby programování CNC strojů	13
1.2 CAD/CAM systém	13
1.2.1 CAD systém	13
1.2.2 CAM systém	15
1.2.3 Postprocessor	16
1.2.4 NC Program	16
1.3 Soustružení pomocí CAM systému	16
1.4 Výhody víceosého obrábění	17
1.5 Obrábění s poháněnými nástroji	17
1.6 Simulace a verifikace CAM systému	18
2 Popis stávající technologie výroby řetězového kola.....	20
2.1 Materiál obrobku řetězového kola.....	20
2.2 Popis stávající technologie opracování	21
3 Nová technologie výroby řetězového kola	24
3.1 Popis technologie výroby s CAD/CAM systémem	24
3.1.1 Volba strojů.....	25
3.1.2 Volba nástrojů:	26
3.2 Praktické zpracování v CAD/CAM systému	27
4 Technicko-ekonomický přínos navrhovaného řešení.....	36
4.1 Porovnání obou technologických postupů a návrhy řešení	36
Závěr	40
Použitá literatura	41

Seznam použitých zkratek	43
Seznam obrázků.....	44
Seznam tabulek	45
Seznam grafů.....	46
Seznam příloh.....	47

Úvod

V současné strojírenské praxi s nárůstem CNC technologií jsou kladeny vyšší požadavky na rychlost, efektivitu výroby a výrobní postup. Rychlost výroby, přesnost a produktivita jsou tedy rozhodujícími faktory konkurenceschopné firmy. Zkracování výrobních časů a zvýšení kvality nutí technology neustále pracovat na inovacích. Zdokonalování technologické výrobní přípravy, provázání výrobního postupu a jednodušší návaznost na jednotlivé úseky představují hlavní kroky k efektivitě výroby. Schopnost vyhovět kvalitou a co nejrychlejším dodáním výrobku v termínu je hlavní požadavek zákazníka.

V mnoha společnostech doposud převažuje výroba s konvenční výrobní technologií daná zaběhlými pracovními postupy, strojním vybavením a také dovednostmi a zkušenostmi samotných pracovníků. Je zde tedy velký prostor pro použití nových technologií a modernizaci výroby.

Cílem této bakalářské práce je co nejefektivněji navrhnout technologický postup výroby řetězového kola pomocí systému CAD/CAM a porovnat jej se stávající výrobní technologií v konkrétní společnosti. Pozornost je zaměřena na výhody a rozdělení CAD/CAM systému a jeho využití v praxi, na celkové výrobní časy a ekonomický přínos jednotlivých technologických operací. Práce navrhuje technologické alternativy ke zvýšení efektivity technologické výroby.

Bakalářská práce se nejprve zabývá stávající technologií výroby řetězového kola v podmínkách společnosti PME spol. s r.o. Jsou popsány jednotlivé operace pro dané stroje a zařízení. Celý technologický postup ručního zpracování dílce je vyobrazen v přehledných v praxi použitelných tabulkách včetně nástrojového listu.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na racionalizaci technologické výroby řetězového kola pomocí CAD/CAM systému. Popisuje funkčnost a výhody využitelnosti systému. Technologický postup je zpracován s využitím modelů dílce s danými parametry.

Třetí kapitola následně komparuje časové a ekonomické přínosy obou variant technologie výroby. Na základě tohoto porovnání jsou navrhována možná řešení pro zvýšení produktivity výroby, jež pokládám za přínos předložené bakalářské práce.

Představení strojírenské společnosti PME spol. s r.o.

Společnost PME spol. s r.o. byla založena dvěma společníky v roce 1991. O rok později byly pronajaty výrobní prostory, jež byly zároveň vybaveny strojním zařízením. Již od dalšího roku se společnost věnovala modernizaci a rozšiřování strojního vybavení. [5]

Hlavním předmětem společnosti PME spol. s r.o. je strojírenská výroba. Společnost se zaměřuje zejména na kusovou a malosériovou výrobu s důrazem na uspokojení potřeb zákazníka. Vzhledem k modernímu technickému vybavení a dlouhodobým zkušenostem v oboru strojírenství se specializuje na výrobu těžších celků, např. stroje a zařízení pro cementárny, vápenky, sladovny a díly pro kolejová vozidla. [5]



Obrázek 1 - Logo společnosti

Společnost využívá pro svou výrobu následující stroje:

Stroje na obrábění materiálu:

- CNC obráběcí centrum WHN13;
- klasické soustruhy S80/S50;
- CNC soustruhy;
- frézky.

Stroje na dělení materiálu:

- pálící stroj CNC;
- pilky;
- vodní paprsek.

Stroje na tváření materiálů:

- lisování / ohýbání;
- stříhání;
- zakružování.

1 Úvod do problematiky výroby zadaného dílce

Výrobní proces je soubor na sobě nezávislých činností, při nichž se přetváří výchozí materiál v hotový výrobek. Výrobní postup, jenž je nezbytný pro realizaci výroby nebo montáž daného výrobku, je složen z účelného pořadí a počtu jednotlivých úseků. [3]

Technologický postup je organizovaný sled kvalitativních a kvantitativních změn, jimiž prochází obrobek při své přeměně v hotový výrobek. Určuje potřebné výrobní zařízení, nástroje, přípravky, řezné, upínací, pracovní a měřicí podmínky potřebné pro danou operaci tak, aby dílec byl podle daného postupu vyrobitelný s minimálními náklady a splňoval požadavky dané technologickou dokumentací. Podle účelu a typu výroby se technologické postupy dělí na jednotlivé operace, úseky a úkony: [3]

- operace – ukončená a souvisle prováděná část výrobního procesu vykonaná na jednom nebo několika pracovních předmětech na jednom pracovišti, zpravidla jedním nebo skupinou pracovníků;
- úsek – část operace, při které se vykonaná práce za přibližně stejných technologických podmínek se rozděluje na úsek hrubování a úsek obrábění na čisto;
- úkon – ucelená jednoduchá pracovní činnost.

Dané operace musí být řazeny v takovém sledu, aby výrobní postup zajišťoval technické podmínky požadované konstruktérem ve výrobním výkresu. Při návrhu pořadí operací je nutné přihlížet k tomu, aby předcházející operace upravovaly povrch součástí pro operaci následující, a to takovým způsobem, aby se součásti daly ve stroji přesně, rychle a bezpečně ustavit a upnout. [3]

Povrchy obrobku určitého tvaru, rozměrů a jakosti vytváříme technologickým procesem zvaným obrábění, a to odebráním částic materiálu pomocí účinků mechanických, elektrických a chemických. Obrábění je realizováno v soustavě obrábění (SNOP). Tato soustava se skládá z následujících čtyř částí: [3]

- obráběcí stroj (S);
- řezný nástroj (N);
- obrobek (O);
- přípravek (P).

Obrobek představuje objekt obráběcího procesu a je to obráběná nebo již obrobená součást či dílec. Z geometrického hlediska je obrobek charakterizován rozměry a tvary jednotlivých ploch. Vrstva materiálu mezi obráběnou a obrobenou plochou obrobku, již je potřeba odstranit obráběním, se nazývá přídavek. Část přídavku přikloněná k ploše řezu, která je odřezávaná jedním břitem ve formě třísky, je odebíraná vrstva, jejímž odříznutím a odebíráním vrstvy materiálu obrobku vzniká tříška. [3]

Jednou z metod obrábění je soustružení. Využívá se pro výrobu součástí převážně rotačních tvarů, zejména pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení – soustružnických nožů. Je to nejjednodušší způsob obrábění, ale zároveň v současnosti (na klasických strojích) nejpoužívanější (proto se provádí 30 – 40 % operací obrábění na soustruzích). Obrábění na soustruzích s ručním nebo automatickým ovládáním nám umožňuje soustružit polotovary od hmotnosti několika miligramů až do několika tun.[3]

Při soustružení dochází k odřezávání přebytečné vrstvy (přídavku na obrábění) řeznou částí nástroje s definovanou geometrií. Odřezávaná vrstva odchází od obrobku v podobě třísky. Aby došlo k oddělení třísky od polotovaru, musí mít činná část nástroje klínový břit, který je tvrdší než obráběný materiál. Obrobený povrch získává postupně požadovaný tvar, rozměr, drsnost i některé mechanické vlastnosti. Je nezbytné dodržovat určité podmínky (např. řezná část nástroje musí mít vhodnou řeznou geometrii). [3]

Soustružnické stroje tvoří nejpočetnější skupinu obráběcích strojů. Existuje velký počet různých druhů, typů a velikostí soustruhů. Nejpoužívanějšími nástroji pro obrábění jsou soustružnické nože. Jsou to jednobřité nástroje jednoduchých tvarů, nemají příliš vysokou cenu a jsou jednoduché z hlediska údržby. [3]

Hlavní řezný pohyb je vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který realizuje obráběcí stroj. Směr hlavního řezného pohybu je definován jako směr okamžitého hlavního pohybu uvažovaného bodu ostří. Řezná rychlost v_c je vyjádřena jako okamžitá rychlost hlavního řezného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku. Přísuv je pohyb nástroje nebo obrobku, kterým se nastavuje nástroj do pracovní polohy na požadovanou šířku záběru a_p . [3]

1.1 Způsoby programování CNC strojů

Technologie obrábění při zpracování NC programů se v principu neliší od konvenční technologie. NC technologie vychází z obecných principů zpracování, ale na rozdíl od klasického pojetí, je zpravidla řešena na detailní úrovni. Vytvoření NC programů, podle nichž pracují CNC stroje, je možné rozdělit následujícími způsoby: [6]

- **online – programování přímo na CNC stroji**
 - ruční programování NC stroje - tento způsob se využívá především v servisních provozech, kde stroj není tolik vytížen a psaní programu je možné přímo u stroje;
 - programování v interaktivním prostředí - programování za pomoci interaktivního rozhraní mezi programátorem a řídicím systémem, je to zjednodušený způsob programování;
- **offline – tvorba NC programu mimo řídicí systém (ručně psaný ISO kód, pomocí CAM systému)**
 - automatické programování prostřednictvím CAM systému - používá se především tam, kde ruční psaní programu je velice zdoluhavé nebo obráběný dílec je tvarově složitý, při použití automatického programování závisí také na technických, ekonomických, ale i personalistických možnostech firmy.

1.2 CAD/CAM systém

Bakalářská práce je zaměřena na racionalizaci technologické výroby řetězového kola pomocí CAD/CAM systému, a proto je v této podkapitole systém podrobně popsán. Nejprve je každý systém charakterizován obecně a poté je pozornost věnována konkrétním programům, používaným pro účely této práce. Pro lepší objasnění problematiky výroby řetězového kola bude na závěr této podkapitoly charakterizován pojem postprocesor a NC stroj.

1.2.1 CAD systém

CAD systém je konstrukčním návrhem nové součásti, kdy celá geometrie je interaktivním způsobem modelována a zobrazována ve skutečné reálné formě. Jde tedy o souhrn prostředků pro vytvoření geometrických modelů. Informace reprezentující

geometrický model jsou uloženy v aplikačně sestavené databázi, která je základem pro další kroky v komplexním inženýrském řešení problému návrhu nového modelu. [6]

CAD je modul pro počítačovou podporu konstruování. Počítačová podpora návrhu a tvorby konstrukční dokumentace je interaktivní způsob geometrického modelování tvaru a rozměru navrhovaného produktu v uživatelsky přehledném prostředí. Nejrozšířenějším a nejznámějším softwarem je AutoCAD od společnosti Autodesk. Geometrické modelování vyjadřuje počítačově matematický popis objektu, který se v prostředí CAD zhotovuje v rovině 2D způsobem modelování, jehož charakteristickým rysem je uzavřená lomená čára tvořící postupný profil modelu, nebo modelováním v 3D prostoru, při němž má model identický tvar se zadáním. [6]

Tvorba modelů se uskutečňuje pomocí různých konstrukčních prvků (bod, přímka, kružnice atd.) a pomocí příkazů pro manipulaci s objektem (zrcadlení, posuv, prodloužení, zaoblení). Jednotlivým hranám je možné přiřadit různé atributy např. barvu, typ čáry, text, kóty. Prostorové modely mohou být reprezentovány jako: [6]

- drátový model – je tvořen body, které jsou spojeny křivky;
- plošný geometrický model – je určen vrcholy, hranami a stěnami;
- objemový model – skládá se z geometrických těles zabírající určitý objem v prostoru.

Výsledkem tvorby je vytvořený výkres nebo model, zjednodušeně CAD data, jež jsou důležitými faktory pro integraci s jiným CA systémem a jeho aplikaci pro její další využití jako je import modelu do prostředí CAM. [6]

Pro svou práci jsem použil následující **CAD programy**:

- **Autodesk AutoCAD® 2012** - je populární software pro 2D a 3D projektování a konstruování vyvinutý společností Autodesk. Na jádru Autodesk byla Autodeskem vyvinuta sada profesních aplikací určených pro CAD v oblasti strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury, mapování a terénních úprav. Nativním formátem výkresů AutoCADu je neveřejný souborový formát DWG; [9]
- **SolidWorks** - je strojírenský 3D CAD software pro platformu Microsoft Windows, který byl vyvinut společností SolidWorks Corporation. Zahrnuje

nástroje pro objemové modelování, vytváří 2D výrobní dokumentace a umožňuje importovat celou řadu 2D a 3D datových souborových formátů. [11]

1.2.2 CAM systém

CAM systém připravuje data a programy pro řízení numericky řízených strojů pro automatickou výrobu součástí. Tento systém využívá geometrické a další informace vytvořené ve fázi návrhu v systému CAD. V užším pojetí představuje automatizované operativní zařízení výroby na dílenské úrovni a zahrnuje i automatický sběr dat o skončeném stavu výrobního procesu, numericky řízené výrobní systémy, automatické dopravníky a automatické sklady. Produkty tohoto charakteru umožňují simulovat sled technologických operací při vlastní výrobě součástí. Simulují práci jednotlivých nástrojů v nejrozličnějších technologiích obrábění, např. frézování, soustružení, vrtání atd. Po ověření a odzkoušení bezpečného chodu výroby součástí je tímto modulem vygenerován program pro řízení NC a CNC strojů. [6]

CAM je modul pro počítačovou podporu výroby. Pracuje jak s geometrickými útvary v rovině, tak s modely součástí. Výsledkem činnosti CAM modulu je partprogram. Partprogram je program součástí, který vypracovává CAM modul. Je tvořen sledem příslušných adres obsahující kódový zápis geometrie a technologie součástí. Tento sled adres jednoznačně popisuje obráběcí postup, který se pomocí postprocesoru upravuje pro konkrétní obráběcí stroj. Při tvoření partprogramu je třeba vycházet z následujících údajů: [6]

- geometrie stroje;
- geometrie polotovaru;
- geometrie nástroje;
- geometrie výsledného obrobku;
- technologické a řezné podmínky.

V předložené práci jsem použil **CAM program:**

- **MasterCAM X6** - je kompletní systém pro efektivní a přesné obrábění nejen obecných modelů, nýbrž i plošných modelů či drátové geometrie. Zahrnuje programování obráběcích strojů v oblasti 2,5D až 5osého frézování, soustružení s poháněnými nástroji C+Y osou nebo soustružení s více hlavami nebo s více vřeteny. Dále zahrnuje dvouosé a čtyřosé drátové řezání. Systém je modulový,

jelikož každé pracoviště je možné sestavit z potřebných modulů. Postprocesory jsou dodávány a doladovány ke každému stroji s určitými požadavky. MasterCAM je aplikace CAD/CAM od americké firmy CNC Software, Inc z Connecticutu. [10]

1.2.3 Postprocesor

Zpracovává informace z geometrického a technologického procesu již s ohledem na konkrétní NC stroj a použitý řídicí systém. Přihlíží k pracovním možnostem stroje a určuje rozmístění pozic nástrojů zásobníku nebo revolverových hlav. Dráhy nástrojů se transformují do souřadného systému stroje. Dále jsou určovány konečné otáčky vřetene a rychlosti posuvu a je prováděn výstup řídicího programu na některém nositeli informací v kódu a formátu bloku, ve kterém pracuje řídicí systém CNC stroje. [6]

1.2.4 NC Program

Soubor číselných informací odděleně popisující činnost stroje. Program se skládá z jednotlivých bloků a vět, které obsahují geometrické a technologické informace. Jednotlivé bloky se skládají ze slov, přičemž každé slovo se skládá z adresy a číselného kódu a těmito údaji je vždy popisován jeden příkaz. Číselný kód určuje konkrétní hodnotu. Na daný obráběcí stroj se odešle vygenerovaný NC program, který může být přenesen pomocí sítí, bezdrátovým způsobem nebo přenosem dat pomocí flash disků. [6]

1.3 Soustružení pomocí CAM systému

Vygenerovat dráhy nepoháněných i poháněných nástrojů při soustružení zvládne většina CAM systémů. Rozdělení soustružení v CAM systémech je následující: [6]

- 2osé soustružení;
- 4osé soustružení – soustružení s druhou, případně třetí nástrojovou hlavou;
- soustružení s poháněnými nástroji (s C, Y a B osou);
- soustružení s využitím vedlejšího vřetene.

1.4 Výhody víceosého obrábění

Víceosým obráběním se rozumí vše, co v případě frézky přesahuje tři lineární osy a v případě soustruhu dvě lineární řízené osy. Je třeba rozlišit souvislé víceosé obrábění a obrábění ve více osách s využitím indexace rotačních os. Celou řadu značně složitých obrobků lze obrobit s využitím indexace rotačních os. Naproti tomu vyskytuje-li se na obrobku obecná prostorová plocha, pak je nejlépe využít souvislého řízení lineárních i rotačních os pro dosažení nejvyšší produktivity při splnění požadavků geometrických tolerancí i integrity povrchu. [4]

Víceosé frézování může výrazně zvýšit konkurenceschopnost firmy a víceosé doplňky Mastercamu nabízejí široký rozsah víceosých obráběcích strategií – od jednoduchých po složité a propracované. V Mastercamu můžeme ovlivnit kompletní možnosti tří rozhodujících prvků víceosého frézování: obráběcí strategie, pohyby nástrojů a osy nástrojů. [4]

Rozšířené možnosti kontroly kolizí s držákem názorně ukazují nastavené parametry (rozšířené možnosti kontroly kolizí s držákem zajišťují bezpečné obrábění dokonce v těch nejsložitějších operacích). Víceosé obrábění Mastercamu poskytuje možnost zvolit, o jaký typ dílce se jedná a přizpůsobí nastavení uživatelského prostředí tak, aby bylo co nejnázornější nastavení napojení drah v Mastercamu, což umožňuje kompletní řízení najetí/vyjetí a přejezdů mezi záběry. [4]

1.5 Obrábění s poháněnými nástroji

Na obráběcích centrech lze využít poháněné nástroje, které se otáčejí v nástrojové hlavě. Tyto stroje umožňují provádět kromě běžného soustružení také čelní a radiální frézování s C osou a čelní a radiální frézování v X, Y, Z a pohybem a rotací kolem Z osy (C osy). [6]

Programovat poháněné nástroje s C osou umožňuje i MasterCAM. Využívá ověřené frézovací cykly, které jsou v MasterCAMu k dispozici, čímž je zachována integrita jak ve výstupech, tak ve stylu práce. [4]

Modul MasterCAM soustružení poskytuje standardní programovací nástroje pro programování C osy s výrazně rozšířenými možnostmi při kombinaci s modulem frézování MasterCAM. Tento modul umožňuje nastavit následující možnosti:

- čelní kontury;
- příčné kontury (kolmo na osu rotace obrobků);
- čelní vrtání;
- příčné vrtání (kolmo na osu rotace obrobků);
- obě funkce, jak čelní, tak příčné vrtání, obsahují možnost řadit body buď ve směru hodinových ručiček, nebo v protisměru;
- automaticky nastaví rovinu nástroje a konstrukční rovinu pro čelní / příčné kontury a čelní / příčné vrtání;
- obrábění kontur C-osou s 3D nebo plošné geometrie. [4]

1.6 Simulace a verifikace CAM systému

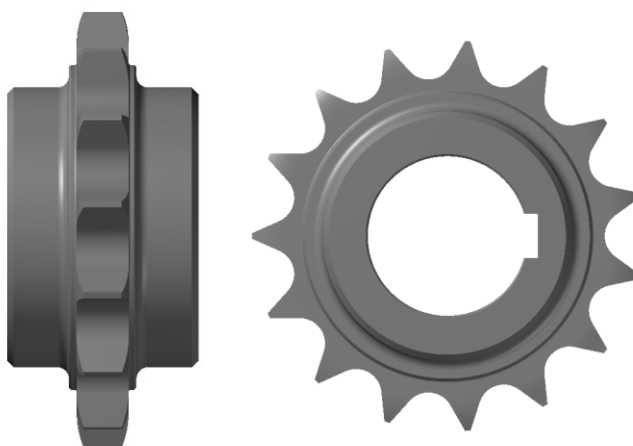
Velmi rozšířenou oblastí v CAM systému, jenž ve značné míře přispívá ke zvyšování efektivnosti obrábění je kvalitní vizualizace a verifikace vytvořeného NC programu. Jednoduchá vizualizace a verifikace vytvořeného NC programu je již standardně vestavěna do většiny CAM systému. Pomocí této verifikace lze kontrolovat kolizi nástroje s obrobkem nebo upínkami. Verifikace také analyzuje případný zbytkový materiál, nebo podřezání.[6]

CAM systémy umí simulovat a verifikovat kolize s materiálem a upínkami, a to nejen pro držák nástroje a vřeteno, ale i pro kompletní obráběcí stroj, včetně jeho plné geometrie a pohybů. Takové programy umožňují modelovat libovolné tvary nástroje, držáku, upínek a svěráku. Pomocí speciálního modulu lze definovat rozměry a kinematiku konkrétního stroje, importovat jeho řídicí systém a provést simulaci a verifikaci pohybu stroje. Modelovaný obráběcí stroj je ovládán stejnými řídicími funkcemi, a proto se simulace stroje chová stejně jako reálný stroj v dílně. Tímto způsobem lze zvýšit spolehlivost obrábění a provést kontrolu funkcí stroje. Výhodou je prohloubení zkušeností programátorů a obsluhy bez vlastního použití stroje. [6]

Simulace nástrojů a držáků v CAM systémech jsou nepostradatelnou součástí CAD/CAM systému. Umožňují virtuální pohled na průběh obrábění a zamezí tak případné kolizi držáku nástroje s obráběným materiálem nebo upínačem. [6]

2 Popis stávající technologie výroby řetězového kola

Tato kapitola se zabývá technologií výroby řetězového kola, pomocí níž v současnosti vyrábí společnost PME spol. s r.o. Na následujícím obrázku je možné vidět model řetězového kola. Nejprve je v této kapitole pozornost věnována materiálu obrobku řetězového kola a následně je stávající technologie opracování podrobně charakterizována.



Obrázek 2 - Model řetězového kola

2.1 Materiál obrobku řetězového kola

Některé vlastnosti materiálu jsou pro hotový výrobek velmi důležité, a to především vlastnosti mechanické. Materiál 11 600 (E355) je neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti s vyšším obsahem uhlíku. Je vhodná na strojní součásti namáhané staticky i dynamicky, u nichž se nevyžaduje svařitelnost. Jsou to součásti vystavené velkému měrnému tlaku, jako jsou hřídele, osy, ozubená kola, řetězová kola, páky, čepy, pístnice, kolíky, podpěry, držátka, objímky, šrouby a matice, klíny, pera, kluzné kameny, ozubené hřebeny, kladky, spojky, segmenty a vložky axiálních ložisek, distanční kroužky, různé upínací elementy, tělesa fréz. [8]

Tabulka 1 - Chemické složení materiálu 11 600 (E355) [8]

Fe	C	Si	Mn	P	S
	0,07 – 0,75%	0,15 – 0,55%	0,40 – 1,60%	< 0,05%	<0,05%

2.2 Popis stávající technologie opracování

V rámci pracovního postupu při stávající technologii je nutné vycházet z předem připravených nástrojových listů a technologických postupů, kde je detailně popsán výrobní postup zadaného úkolu, nástroje, veškeré pomůcky a měřidla, bez nichž by se výroba neobešla. Výroba požadovaného dílce je rozložena na výrobní úseky pro jednotlivé stroje uvedené v tabulkách 2, 3 a 4. Z těchto tabulek lze tedy vyčíst konkrétní strojní parametry soustruhu, frézky a obrážečky.

Tabulka 2 - Strojní parametry soustruhu

Operace soustružení	
Stroj	Soustruh SU 50
Výrobce	TOS Trenčín
Max oběžný průměr	500 mm
Max. průměr soustružení	350 mm
Max. vzdálenost obrábění	1800 mm
Vzdálenost hrotů	2000 mm
Max. otáčky	1800 ot/min.
Výkon elektromotoru	11 kW

Tabulka 3 - Strojní parametry frézky

Operace frézování	
Stroj	Frézka FGSV 32
Výrobce	TOS Kuřim
Upínací plocha stolu	400 x 1400 mm
Podélný posuv stolu	1000 mm
Příčný pohyb stolu	400 mm
Svislý pohyb stolu	450 mm
Max. otáčky	2240 ot/min
Výkon elektromotoru	11 kW

Tabulka 4 - Strojní parametry obrážecí

Operace obrážení	
Stroj	Obrážecí svislá typ 7A 420
Výrobce	Rusko
Max. výška obraženého obrobku	200 mm
Průměr stolu	500 mm
Příčné představení stolu	400 mm
Podélné představení stolu	500 mm
Výkon elektromotoru	3.0 kW

Obecně první operací je příprava materiálu, která zajišťuje přípravu polotovaru a hutního materiálu. Zadaný dílec bude z materiálu neušlechtilá konstrukční ocel 11 600 (E355) o průměru 200 mm a bude nařezán na délku 90 mm. Pro další sled operací platí pravidlo, že hrubovací operace se zařazují na počátek a operace, které dávají současný konečný stav, ovlivňují přesnost a jakost se zařazují až na konec výrobního postupu.

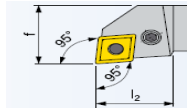
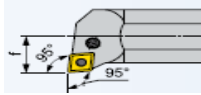
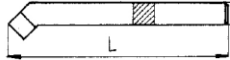
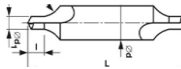

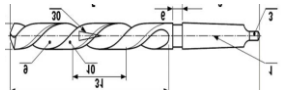
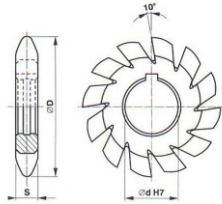
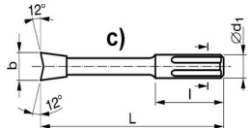
Po upnutí polotovaru do univerzálního sklíčidla se nejprve vyvrtá díra na průměr 50 mm a obrobí se profil a díra řetězového kola na hrubo a poté se zařadí dokončovací úsek obrábění čela 1 a profilu z první strany. Následuje operace obrábění dílce z druhé strany. Dílec se upne a vyrovná do univerzálního sklíčidla. Opět se začne hrubovat profil řetězového kola a na závěr se dokončí čelo, díru i profil. Po soustružení řetězového kola následuje operace frézování. Osoustružený dílec se upne a vyrovná do děličky a kotoučovou frézou se obrobí zuby řetězového kola. Po frézování se odjehlí otěpy pomocí ručního pilníku na kov. Nezbytnou operací je výroba drážky na obrážecí. Řetězové kolo se upne a vyrovná do univerzálního sklíčidla a obrážecím nožem se vytvoří průchozí drážka pro pero.

Do postupu je také zařazena kontrolní operace, která zajistí dodržení požadovaných rozměrových a kvalitativních parametrů v jednotlivých operacích technologického postupu. Po zhotovení bude dílec expedován zákazníkovi.

Celkový čas výroby řetězového kola stávající technologií je 192 minut. Z toho čistý pracovní čas obrábění je 143 minut. Vedlejší čas, jenž zahrnuje jednotlivé kontrolní operace, nastavení nástrojů a odjehlení dílce je 19 minut.

Stávající technologický postup je detailně zachycen v tabulkách v příloze 2. Pro přehled nástrojů se používá nástrojový list, jenž je vyobrazen v tabulce 5.

Tabulka 5 - Nástrojový list

	Název nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová destička	Obrázek nástroje
T01	Soustružnický nůž rohový	PCLNR 2525 M 12	CNMG 120408EL- SI	
T02	Soustružnický nůž vnitřní	S25T-PCLNR 12	CNMG 120408EL- SI	
T03	Ubírací nůž ohnutý	HSS ČSN 22 3520		
T04	Středící vrták	HSS středící vrták 60° Ø3,5 ČSN 22 1110		
T05	Vrták	HSS Vrták šroubovitý s válcovou stopkou Ø10 ČSN 22 1121		
T06	Vrták	HSS Vrták šroubovitý s kuželovou stopkou Ø50 ČSN 22 1140		
T09	Kotoučová fréza	Kotoučová fréza 15,88x25 4-1 ČSN222712	HSS - výkonná RO fréza: pro počet zubů 11÷16 ØD = 95 mm Ød = 32 mm Počet zubů = 12 s max = 28 mm s min = 23 mm	
T10	Obrážecí nůž	Nůž drážkovací obráběcí 12x22x100 mm ČSN 223683		
T11	Tvarový zaoblovací nůž R5	Materiál 19 810 (RADECO)		
T12	Tvarový zaoblovací nůž R40	Materiál 19 810 (RADECO)		

3 Nová technologie výroby řetězového kola

Pro efektivnější výrobu výrobního dílce považují za vhodné zavedení CAD/CAM systému. Pro snížení časů je možné snadno vytvořit model součásti a v CAD/CAM systému stanovit optimální dráhy nástrojů pro jednotlivé úseky výroby. Celá součást se pak obrobí téměř na jedno upnutí, což nám umožní přesnější a kvalitnější výrobu. CAD/CAM systém umožňuje propojení s dalšími podporovanými počítačovými systémy pro urychlení chodu výroby.

3.1 Popis technologie výroby s CAD/CAM systémem

Na základě 2D výkresu, jenž je součástí přílohy 1 v této práci, je vytvořen návrh vyráběné součásti 3D model v programu SolidWorks. Následně vytvořený model lze snadno importovat do CAD/CAM systému MasterCam. MasterCam má velmi rozsáhle možnosti použití v různých částech výroby. Je to velice rozšířený a propracovaný CAD/CAM systém. Postup výroby součástí v CAD/CAM systémech je možné chápat jako sled činností, které probíhají v jednotlivých rozhraních provázejících zhotovení výrobku.

V CAM programu jsou vytvořeny jednotlivé dráhy nástrojů pro dané geometrie součásti a výstupem CAM programu je partprogram, který je tvořen sledem příslušných adres. Tyto adresy obsahují zakódovaný předpis geometrie a technologie součásti, který popisuje obráběcí postup a ten je dále zpracován postprocesorem pro konkrétní obráběcí stroj. [6] Vygeneruje se NC kód, který se nahraje do obráběcího stroje, do něho se upne připravený polotovár pomocí samosvorného sklíčidla a spustí se operace obrábění pro 1. stranu vytvořenou v CAD/CAM systému. Po opracování 1. strany obrobíme dílec z druhé strany. Opět se upne dílec do samosvorného sklíčidla a spustí se operace obrábění pro 2. stranu. Následující operací je výroba průchozí drážky pro pero. Z důvodů omezení strojního vybavení se proces obrábění provede na stejné obráběčce jako v předchozí technologii. Následuje kontrolní operace k dodržení požadovaných rozměrových a kvalitativních parametrů. V poslední operaci bude dílec expedován zákazníkovi.

3.1.1 Volba strojů

Výroba řetězového kola pomocí systému CAD/CAM systému je rozložena na výrobní úseky pro dané stroje, které jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13.

CNC soustruh S20C, který je zobrazen na obrázku 3, je určen především pro výrobu menších součástí z kovových materiálů. Hlavní předností CNC soustruhu je obrábění tvarově složitých a přesných součástí, kde se uplatní výhody programového řízení a vysoké přesnosti stroje. Stroj je řízen řídicím systémem FAGOR 8055TC-A, jenž je tvořen počítačem s barevným displejem a rozhraním RS 232 pro komunikaci s nadřazeným výstupem. Zápis programu do řídicího systému je ve standardním ISO kódu. Tím je zaručena kompatibilita s NC programy generovanými vyššími programovacími jazyky.

Tabulka 6 - Strojní parametry CNC soustruhu

Operace Soustružení	
Stroj	Soustruh S20C CNC
Výrobce	DK Machinery
Řídicí systém	Fagor 8055 TC-A
Model	
Max. oběžný průměr	Ø560
Max. průměr soustružení	Ø300
Max. délka soustružení	600 mm
Vzdálenost mezi hroty	800 mm
Vřeteno	
Max. otáčky	4000 ot/ min
Motor pohonu vřetene	11/15 kW
Hlava	
Počet nástrojových stanic	10
Osa X	
Pojezd	200 mm
Rychloposuv	20 m/min
Osa Z	
Pojezd	720 mm
Rychloposuv	20 m/min

Tabulka 7 - Strojní parametry obrážedky

Operace obrážení	
Stroj	Obrážedka svislá typ 7A 420
Výrobce	Rusko
Max. výška obraženého obrobku	200 mm
Průměr stolu	500 mm
Příčné představení stolu	400 mm
Podélné představení stolu	500 mm
Výkon elektromotoru	3.0 kW



Obrázek 3 - CNC soustruh S20C [3]

3.1.2 Volba nástrojů:

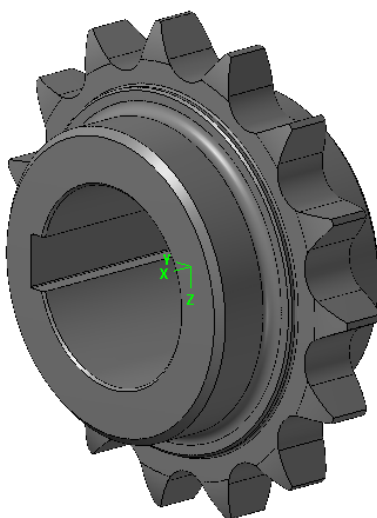
Zvolené nástroje jsou nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami pro zvýšení životnosti a produktivity při obrábění kovů. Nástroje jsou uvedeny v nástrojovém listu pro novou technologii v tabulce 14.

Tabulka 8 - Nástrojový list navrhnuté technologie

Nástroj	Nůž	Držák	VBD
T1	Stranový nůž uběrací pravý	PCLNR 2525M 12	CNMG 12 04 08
T2	Stranový nůž uběrací pravý	PDJNR 2525M 15	DNMG 15 06 04
T3	Vrták Ø50 s VBD	TYP 7720-50	WCMT 080412E-48
T4	Vnitřní nůž uběrací pravý	S25T-PCLNR 12	CNMG 12 04 08
T5	Stopková fréza do rohu Ø 20 s VBD	SAD11E	ADMX 11SR-M
T6	Stopková fréza s VBD na sražení 45°	N-SSO09	SOMT 09T304-P

3.2 Praktické zpracování v CAD/CAM systému

V programu SolidWorks vytvořený 3D model řetězového kola, který je zobrazený na obrázku 2, se importuje do programu MasterCAM, kde se z něj postupně vypracuje technologický postup a následně se vytvoří NC kód pro daný stroj. Technologický postup je rozložen na několik úseků řazených v takovém sledu, aby zajišťovaly technické podmínky požadované konstruktérem ve výrobním výkresu. V jednotlivých úsecích jsou popsány nástroje pro opracování daného úkonu, a parametry obrábění pro zvolený nástroj a zobrazeny dráhy obrábění na obrázcích 5 až 16.

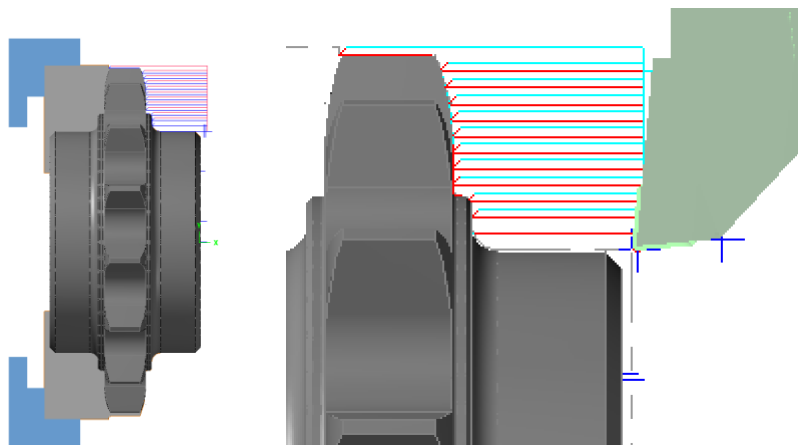


Obrázek 4 - Model řetězového kola

Technologický postup soustružení:

Úsek č. 1 Soustružení – hrubování

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T1	Stranový nůž uběrací pravý	PCLNR 2525M 12	CNMG 12 04 08		
Parametry hrubování					
Rezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
502 m/min	0,25 mm/ot	800 ot/min	2,5 mm	0,2 mm	03:01 min

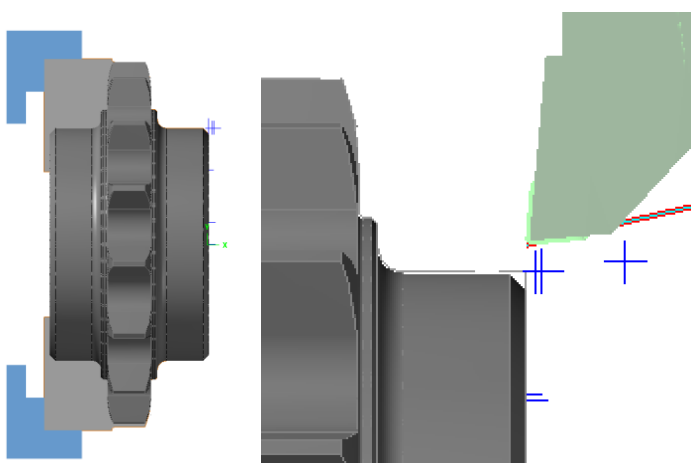


Obrázek 5 - Soustružení – hrubování

První úsek hrubovacího soustružení se používá k odebrání materiálu z nepravidelné oblasti materiálu. Hrubování je prováděno stranovým nožem pravým s vyměnitelnou břitovou destičkou. Břitová destička je zvolena s větším rámusem na špičce $R=0,8$ z důvodu pevnosti a snížení vibrací nástroje.

Úsek č. 2 Soustružení – čelo 1

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T1	Stranový nůž uběrací pravý	PCLNR 2525M 12	CNMG 12 04 08		
Parametry obrábění čela 1					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
520 m/min	0,22 mm/ot	800 ot/min	1 mm		1:10 min

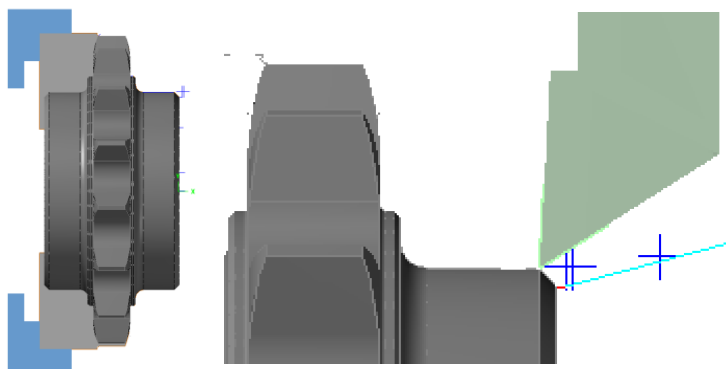


Obrázek 6 - Soustružení čela

Čelo je v úseku č. 2 obráběno stejným nožem jako při obrábění hrubováním pro větší pevnost břitové destičky.

Úsek č. 3 Soustružení – dokončení (šlicht)

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T2	Stranový nůž uběrací pravý	PDJNR 2525M 15	DNMG 15 06 04		
Parametry dokončení					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
520 m/min	0,2 mm/ot	900 ot/min	0,2 mm		0:28 min

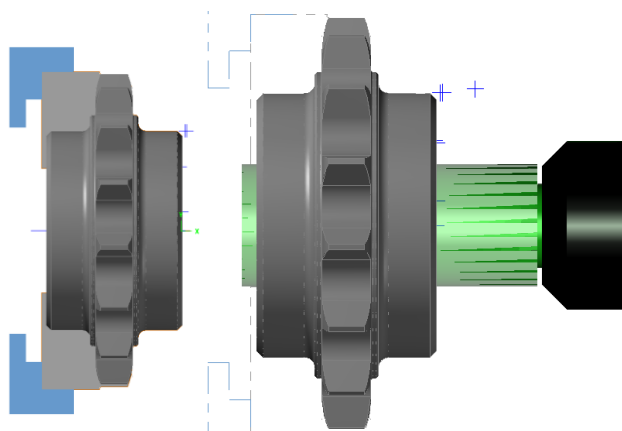


Obrázek 7 - Soustružení – dokončení profilu

Kvalita povrchu obrobku při dokončovacím úseku č. 4 závisí na poloměru břitové destičky, proto je použita břitová destička s menším rámusem $R=0,4$.

Úsek č. 4 Vrtání

Nástroj	Vrták	Držák	VBD		
T3	Vrták s VBD Ø50	TYP 7720-50	WCMT 080412E-48		
Parametry vrtání					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
205 m/min	0,1 mm/ot	1300 ot/min	2 mm		0:43 min

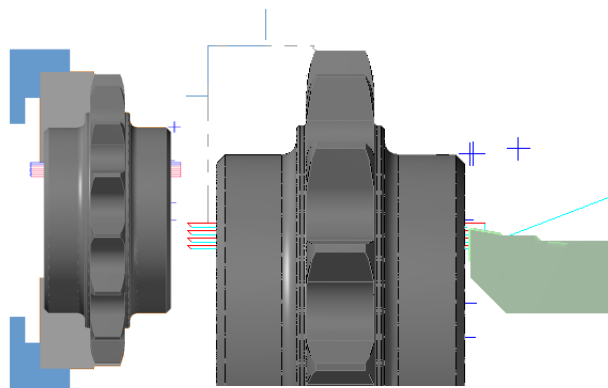


Obrázek 8 - Vrtání díry

Vrtání díry znázorňuje úsek č. 4. Díra je vyvrtána vrtákem o průměru Ø50 s vyměnitelnými břitovými destičkami. Vrták umožňuje vrtání díry do plného materiálu bez předvrtání. A pro dobrý odvod třísek a mazání styčné plochy je použit vrták s vnitřním chlazením.

Úsek č. 5 Soustružení díry - hrubování

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T4	Vnitřní uběrací nůž pravý	S25T-PCLNR 12	CNMG 12 04 08		
Parametry soustružení díry					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
155 m/min	0,23 mm/ot	780 ot/min	2,5 mm	0,2 mm	3:29 min

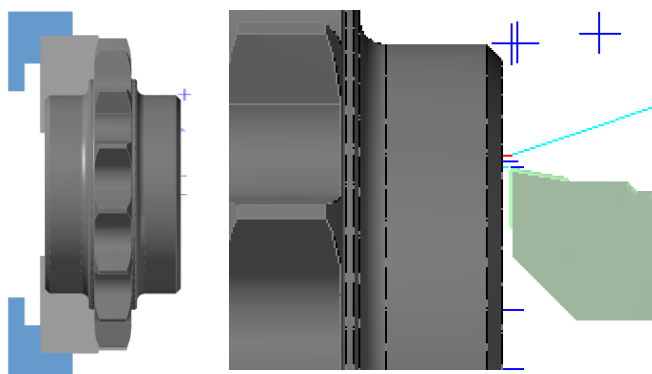


Obrázek 9 - Soustružení díry - hrubování

Po vyvrtání díry následuje úsek č. 5, a to soustružení díry. Díra je vyhrubována nožem s vyměnitelnými břitovými destičkami, jejichž parametry jsou přizpůsobeny k dobré lámavosti třísky. Tlakem chladicí kapaliny směřující do díry je zaveden dobrý odvod třísky z díry.

Úsek č. 6 Soustružení vnitřní hrany

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T4	Vnitřní uběrací nůž pravý	S25T-PCLNR 12	CNMG 12 04 08		
Parametry soustružení vnitřní hrany					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
172 m/min	0.23 mm/ot	780 ot/min	2 mm		0:05 min

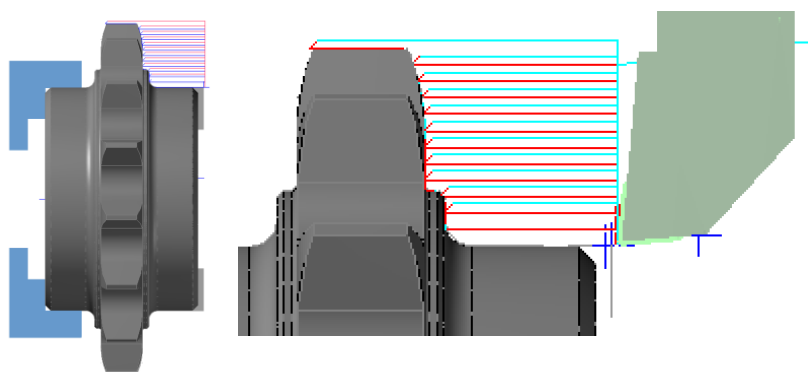


Obrázek 10 - Soustružení vnitřní hrany

Poslední opracování dílce z první strany je sražení vnitřní hrany v úseku č. 6.

Úsek č. 7 Soustružení – hrubování

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T1	Stranový nůž uběrací pravý	PCLNR 2525M 12	CNMG 12 04 08		
Parametry hrubování					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
520 m/min	0,25 mm/ot	800 ot/min	2,5 mm	0,2 mm	02:50 min

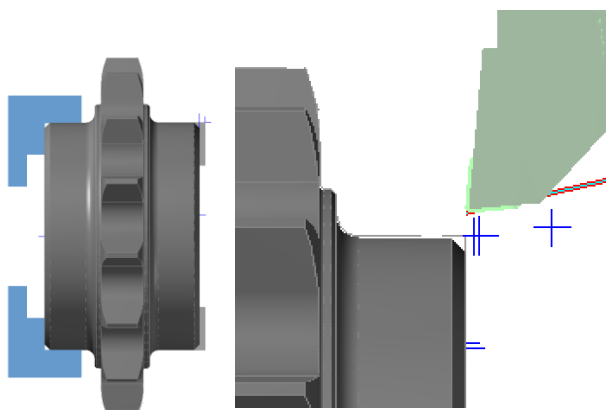


Obrázek 11 - Soustružení hrubování

Obrábění z druhé strany začíná v úseku obrábění č. 7. Parametry obrábění jsou shodné s obráběním hrubování v 1. úseku.

Úsek č. 8 Soustružení – čelo 2

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T1	Stranový nůž uběrací pravý	PCLNR 2525M 12	CNMG 12 04 08		
Parametry obrábění čela 2					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
520 m/min	0,22 mm/ot	800 ot/min	1 mm		0:40 min

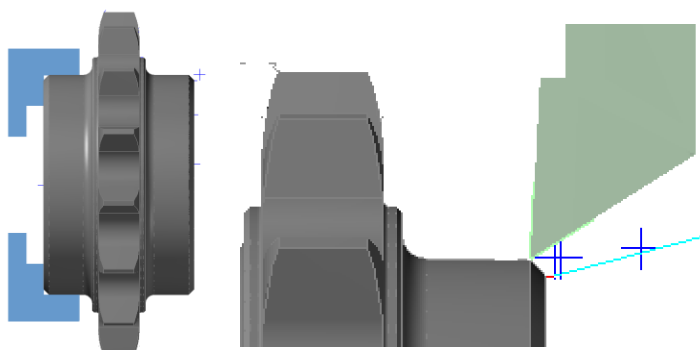


Obrázek 12 - Soustružení čela

Parametry obrábění čela jsou shodné s obráběním čela v úseku č. 2.

Úsek č. 9 Soustružení – dokončení (šlicht)

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T2	Stranový nůž uběrací pravý	PDJNR 2525M 15	DNMG 15 06 04		
Parametry dokončení					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
520 m/min	0.2 mm/ot	900 ot/min	0.2 mm		0:28 min

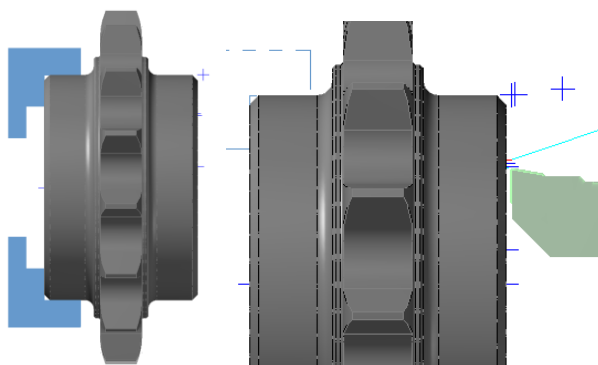


Obrázek 13 - Soustružení - dokončení

Parametry obrábění dokončení jsou shodné s obráběním v úseku č. 3.

Úsek č. 10 Soustružení díry - dokončení

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T4	Vnitřní uběrací nůž pravý	S25T-PCLNR 12	CNMG 12 04 08		
Parametry soustružení díry					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
198 m/min	0,20 mm/ot	800 ot/min	0,2 mm		0:33 min

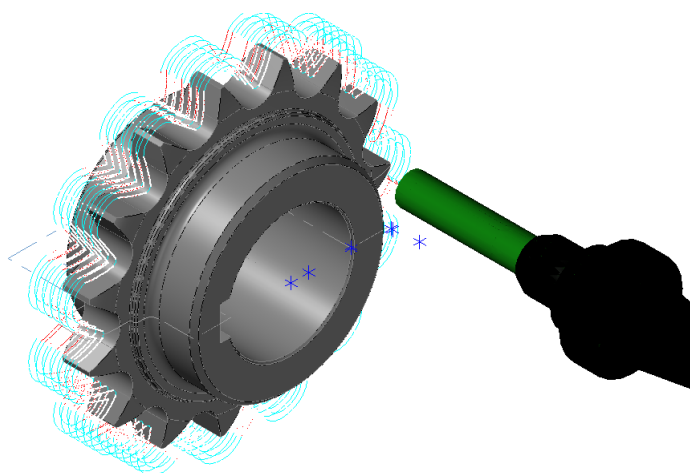


Obrázek 14 - Soustružení - dokončení

Konečným výsledkem obrábění vnitřního průměru, které je zobrazeno v úseku č. 10, je díra obrobena na požadovaný přesný rozměr.

Úsek č. 11 Soustružení C osa – kontura na čele

Nástroj	Nůž		Držák	VBD	
T5	Stopková fréza do rohu Ø 20 s VBD		SAD11E	ADMX 11SR-M	
Parametry soustružení kontury					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
79 m/min	0,14 mm/ot	1250 ot/min	5 mm		40:58 min

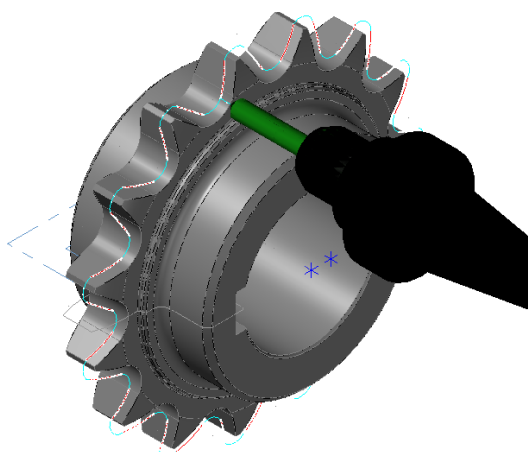


Obrázek 15 - Soustružení – kontura ozubení

S využitím pomocné osy C je obrábění ozubení použita stopková fréza do rohu s vyměnitelnými břitovými destičkami.

Úsek č. 12 Soustružení C osa – sražení hrany

Nástroj	Nůž	Držák	VBD		
T6	Stopková fréza s VBD na sražení 45°	N-SSO09	SOMT 09T304-P		
Parametry sražení hrany kontury					
Řezná rychlost	Posuv	Otáčky	Hloubka záběru	Přídavek	Čas
63 m/min	0,2 mm/ot	2000 ot/min	0,5 mm		1:26 min



Obrázek 16 - Sražení hrany ozubení

V posledním úseku obrábění se na řetězovém kole srazí hrany z obrobených ozubení. Strojní sražení je pouze z jedné strany, abychom dílec nemuseli znovu upínat do sklíčidla. Z druhé strany se srazí hrany ručně. Vzhledem k téměř shodným výrobním časům by bylo výhodnější z ekonomického hlediska na dílci srazit hrany z obou stran ručně, ale pro kvalitnější a přesnější výrobu se vyplatí srazit hrany pomocí nástroje ve stroji.

Vygenerování NC kódu

V programu MasterCAM po navrhnutém technologickém postupu a zvolení nejvhodnější dráhy nástrojů přichází na řadu vygenerování NC kódů pro daný stroj. V příloze 3 je zkrácený NC kód pro výrobu řetězového kola.

Hlavička NC kódu

```
(PROGRAM NAME - RETEZOVE KOLO)
(MATERIAL - STEEL E355)
(TOOL - 1 OFFSET - 1)
(STRANOVY NUZ PRAVY - PCLNR 2525M 12 INSERT - CNMG 12 04 08)
( OBRÁBECÍ POSTUP-1 )
( === HRUBOVANI === )
```

Výsledek výroby řetězového kola

Podle obráběcího technologického postupu bylo vyrobeno zadané řetězové kolo, které je zobrazeno na obrázku 17. Vyrobený dílec splňuje požadované parametry podle výkresové dokumentace.



Obrázek 17 - Vyrobené řetězové kolo

4 Technicko-ekonomický přínos navrhovaného řešení

Hlavními kroky k efektivitě výroby jsou v první řadě zdokonalování technologické výrobní přípravy, provázání výrobního postupu a jednodušší návaznost na jednotlivé úseky. Schopnost vyhovět kvalitou a rychlejším časovým dodáním v termínu je hlavní požadavek zákazníka. Hledání optimálního řešení je důležité.

4.1 Porovnání obou technologických postupů a návrhy řešení

Stávající výrobní technologie je časově náročná a složitá. Vlivem náročných a pracných úkonů tedy vzniká velká pravděpodobnost chyb. Velkou výhodou při realizaci daného výrobku je získání představy a zároveň daných informací o výsledném výrobku pomocí modelů a umožnění rychlejší pracovní návaznosti na jednotlivé úseky. Aplikace CAD/CAM systému umožňuje programátorovi usnadnit práci, korigovat chyby, testovat a modifikovat výrobu. Samozřejmě důležitým faktorem jsou vysoké požadavky na odbornost a znalosti technologa a programátora.

Celkový čas výroby řetězového kola stávajícími technologiemi, jenž je zobrazen v tabulce 16, je 162 minut, z toho čistý pracovní čas obrábění je 143 minut. Vedlejší čas, který zahrnuje jednotlivé kontrolní operace, upínání, nastavení nástrojů a odjehlení dílce je 19 minut.

U výroby řetězového kola s technologiemi CAD/CAM systému je celkový čas 94 minut. Z toho čistý pracovní čas obrábění je 77 minut. Vedlejší čas v délce 17 minut zahrnuje seřízení stroje, kontrolní operaci, upínání, nastavení nástrojů a odjehlení dílce.

Při srovnání časového hlediska modelových příkladů technologických postupů výroby řetězového kola je zřejmé, že výroba s pomocí CAD/CAM systému je mnohem rychlejší.

Při srovnání zjištěných ekonomických výsledků zobrazených v tabulce 16 lze dojít k závěru, že výroba stávajícím způsobem vykazuje náklady 1322 Kč. Náklady tvoří převážně spotřeba elektrické energie, opotřebení nástrojů a mzdové náklady pro daný stroj uvedené v tabulce 15. Technologický postup s CAD/CAM systémem je efektivnější. Úspora je zřejmá od prvních kroků operace. Časová úspora zajišťuje snížení nákladů na spotřebu elektrické energie i mzdových nákladů. Celkové náklady

tedy jsou 804 Kč. Vyhodnocená úspora je 518 Kč, což tvoří 39% při porovnání obou operací.

Tabulka 9 - Ceny nákladů pro jednotlivé stroje

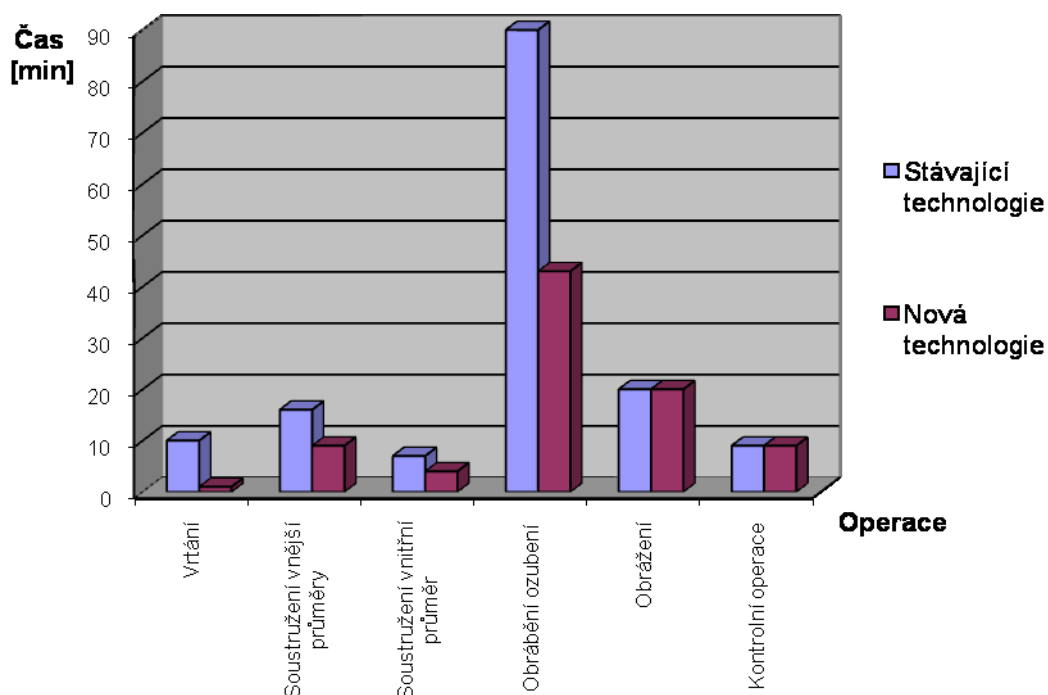
	Hodinová sazba stroje.
Stroj	[Kč]
CNC soustruh S20C	700
Soustruh SU 50	500
Frézka FGSV 32	600
Obrázečka svislá 7A 420	300
Ruční práce	150

Tabulka 10 - Zhodnocení technologií výroby

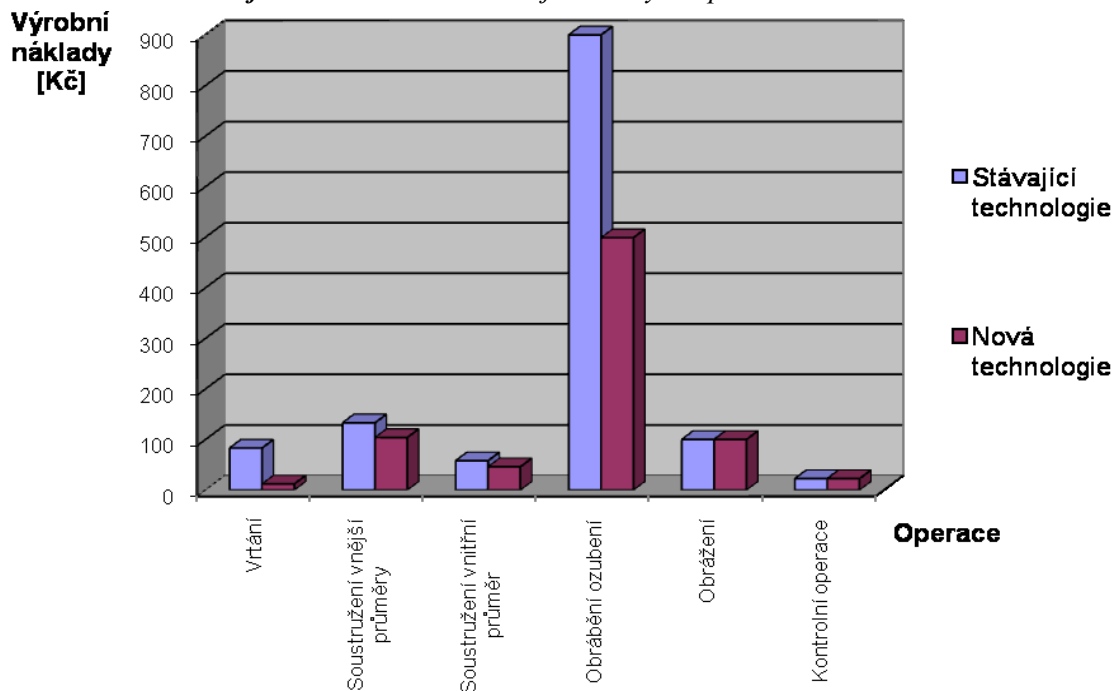
	Stávající technologie		Nová technologie		Rozdíl		
	Čas	Cena	Čas	Cena	Čas	Cena	Úspora
Operace	[min.]	[Kč]	[min.]	[Kč]	[min.]	[Kč]	[%]
Vrtání	10	83	1	12	9	71	85
Soustružení vnější průměry	16	133	9	104	7	29	21
Soustružení vnitřní průměr	7	58	4	46	3	12	20
Obrábění ozubení	90	900	43	499	47	401	44
Obrázení	20	100	20	100	0	0	0
Kontrolní operace	9	22,5	9	22,5	0	0	0
Ruční operace	10	25	8	20	2	5	22
Celkový čas	162	1321,5	94	803,5	68	518	39
Vedlejší operace	19	47,5	17	42,5	2	5	10
Strojní operace	143	1274	77	761	66	513	40

Grafické porovnání nákladů jednotlivých operací znázorňuje graf 1 a porovnání potřebného času na jednotlivé operace uvádí graf 2. Rozdíly v jednotlivých operacích jsou na první pohled zřejmé. Nejvýraznější rozdíl je v operaci obrázení. Operace obrázení nejlepe vystihuje, že využití technologie s CAD/CAM systémem je ekonomičtější a efektivnější.

Graf 1 - Porovnání potřebného času na jednotlivé operce

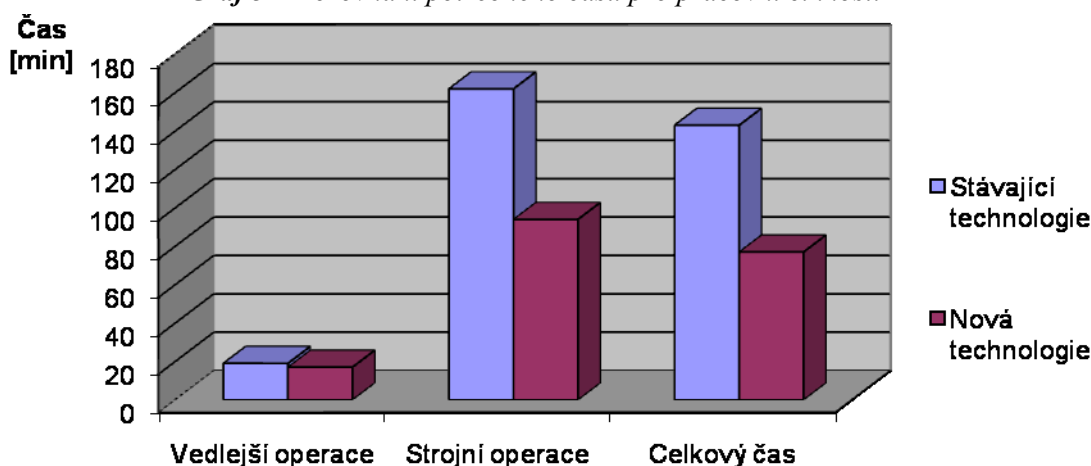


Graf 2 – Porovnání nákladů jednotlivých operací

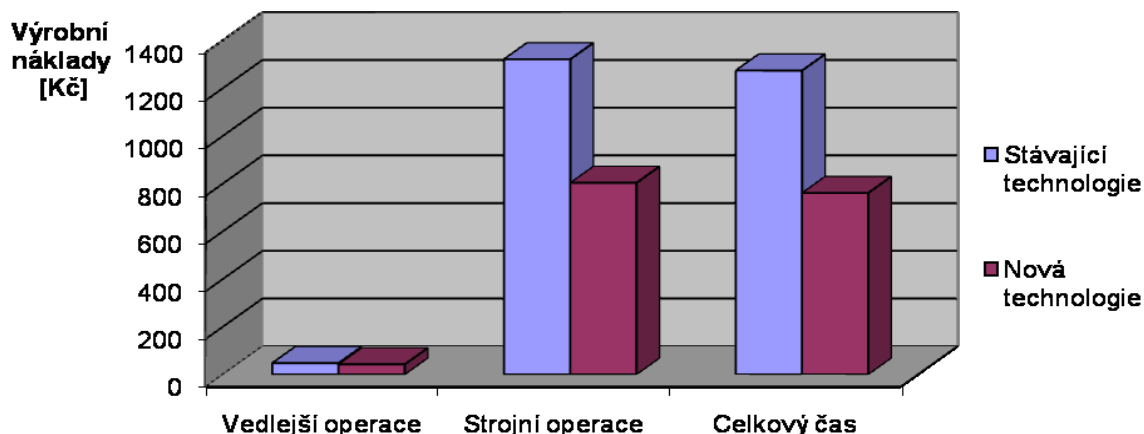


Při srovnání výrobních technologií z hlediska typologie pracovní činnosti zobrazené v grafu 3, je čas vedlejší operace, jenž představuje kontrolu a nastavení strojů, u obou technologií téměř stejný. Rozdíl vykazují hlavně strojní operace, jež jsou díky výhodám CNC stroje časově méně náročné. Z nákladové komparace pracovních činností vychází jednoznačně finančně lépe nová technologie.

Graf 3 – Porovnání potřebného času pro pracovní činnosti



Graf 4 – Porovnání nákladů pro pracovní činnosti



U stávající technologie je náročné seřízení strojů a příprava na výrobu. Z důvodu výroby dílce na více strojích není výroba tak přesná. Veškeré výrobní operace jsou závislé na zkušenostech a znalostech pracovníka, s čímž souvisí i možnost snadného pochybení pracovníka vlivem různých faktorů.

Nový technologický postup s CAD/CAM systémem přináší výrazné zkrácení času od přípravy až po samostatnou výrobu. CAD/CAM systém umožní rychlejší návaznosti na jednotlivé úseky a zjednoduší tak celou výrobu. Při konstruování výrobku lze snadno získat představu i příslušné informace o výsledném výrobku pomocí modelů a jednoduše vyráběnou součást testovat, korigovat chyby a následně výsledný výrobek modifikovat. CNC automatické soustruhy umožňují samočinné opakování pracovního cyklu po obrobení jedné součástky, což je jeho největším přínosem.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo co nejefektivněji navrhnout technologický postup výroby řetězového kola na základě porovnání stávající výrobní technologie používané společností PME spol. s r.o. s technologií s využitím systému CAD/CAM. Pozornost byla zaměřena na výhody a rozdělení CAD/CAM systému a jeho využití v praxi, na celkové výrobní časy a ekonomický přínos jednotlivých technologických operací. Práce navrhuje technologické alternativy ke zvýšení efektivity technologické výroby.

Nejprve jsem se zabýval problematikou současného stavu výrobní technologie a teorie obrábění v podmínkách společnosti PME spol. s r.o. Na základě vypracovaného nástrojového listu a v současnosti aplikovaného technologického postupu jsem detailně popsal stávající technologii opracování řetězového kola.

Dalším krokem bylo poukázat na přednosti a využití moderních výrobních systémů. Za pomoci CAD/CAM systému jsem tedy vypracoval technologický postup výroby zadaného dílce. Nově navržený technologický postup byl vypracován za účelem následného porovnání se stávající výrobní technologií ve společnosti PME spol. s r.o. a posouzení, zda nové řešení výroby přinese společnosti efektivitu výroby.

Při hlubším porovnání technologií jsem došel k závěru, že stávající výrobní technologie je složitější, časově náročná a ne tak přesná, jelikož vzniká velká pravděpodobnost chyb. Jednotlivé kroky a postupy závisí především na zkušenostech pracovníka a na jeho pracovním omezení v nástrojích a parametrech stroje. Výroba na konvenčních strojích je pomalejší a omezená jen na jednotlivé úseky výroby.

Na základě výsledků práce považuji za velmi výhodné řešení použít v technologické výrobě CAD/CAM systém. Dnešní CAD/CAM systémy pracují velmi rychle a zjednoduší celou přípravu výroby. Jsou vhodným nástrojem pro zvýšení konkurenceschopnosti firmy strojírenského průmyslu. CAD/CAM systémy mohou být provázané s dalšími systémy výrobního procesu, a tím se celý výrobní proces urychlí.

Předložená bakalářská práce byla sestavena na základě získaných znalostí během studia na strojní fakultě Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostravy, odborné literatury a také pracovní a odborné praxe ve společnosti PME spol. s r.o.

Použitá literatura

- [1] AB Sandvik Coromant. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. 1.vyd. Praha, 1997. 980 s. ISBN 91-97-22-99-4-6.
- [2] BRYCHTA, J.; a další. *Nové směry v prograsivním obrábění. E-learningové prvky pro podporu výuky odporných a technických předmětů..* Ediční středisko VŠB – TUO, 2007. 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] BRYCHTA J.; ČEP R.; SADÍLEK M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] MASTERCAM. *Viceosé obrábění* [online]. 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.mastercam.cz/produkty/v-ceose-obr-b-n>>
- [5] PME, spol. s r.o. *Stroje a zařízení pro vybraná odvětví průmyslu* [online]. 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.pme.eu>>
- [6] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2010. 138 s. ISBN 978-80-248-2278-4.
- [7] VÁVRA, P.; LEINVEBER, J. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, spol. s r.o., 1996. 578 s. ISBN 80-7183-008-9.
- [8] TUMLIKOVO. *Metal cutting technologies* [online]. 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.tumlikovo.cz/neuslechtile-uhlikovekonstrukcni-oceli-tridy-11-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani>>
- [9] WIKIPEDIA. *AutoCAD* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>>
- [10] WIKIPEDIA. *Mastercam* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Mastercams>>
- [11] WIKIPEDIA. *SolidWorks* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>>

- [12] PRAMET. *ECatalog Pramet Tools* s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2013-04-09].
Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/Default.aspx?lang=czech>>

Seznam použitých zkratk

CAD	počítačem podporovaný návrh
CAM	počítačem podporovaná výroba
CNC	počítačem číslicové řízení
SK	slinutý karbit
RO	rychlořezná ocel
2D	dvourozměrný obraz
3D	třírozměrný obraz
a_p	hloubka řezu
f_0	posuv na otáčku
f_z	posuv na zub
v_c	řezná rychlost
n	otáčky za minutu
*.txt	přípona textového dokumentu
*.pdf	přípona dokumentu v programu Adobe Reader
*.sldprt	přípona modelu v programu SolidWorks
*.emcx6	přípona modelu v programu MasterCAM

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Logo společnosti	10
Obrázek 2 - Model řetězového kola.....	20
Obrázek 3 - CNC soustruh S20C [3]	26
Obrázek 4 - Model řetězového kola.....	27
Obrázek 5 - Soustružení – hrubování	28
Obrázek 6 - Soustružení čela	28
Obrázek 7 - Soustružení – dokončení profilu	29
Obrázek 8 - Vrtání díry	29
Obrázek 9 - Soustružení díry - hrubování.....	30
Obrázek 10 - Soustružení vnitřní hrany	31
Obrázek 11 - Soustružení hrubování	31
Obrázek 12 - Soustružení čela	32
Obrázek 13 - Soustružení - dokončení.....	32
Obrázek 14 - Soustružení - dokončení.....	33
Obrázek 15 - Soustružení – kontura ozubení.....	33
Obrázek 16 - Sražení hrany ozubení.....	34
Obrázek 17 - Vyrobené řetězové kolo	35

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Chemické složení materiálu 11 600 (E355) [8]	20
Tabulka 2 - Strojní parametry soustruhu	21
Tabulka 3 - Strojní parametry frézky.....	21
Tabulka 4 - Strojní parametry obrážečky	22
Tabulka 5 - Nástrojový list	23
Tabulka 6 - Strojní parametry CNC soustruhu	25
Tabulka 7 - Strojní parametry obrážečky	26
Tabulka 8 - Nástrojový list navrhnuté technologie.....	26
Tabulka 9 - Ceny nákladů pro jednotlivé stroje.....	37
Tabulka 10 - Zhodnocení technologií výroby časů	37

Seznam grafů

Graf 1 - Porovnání potřebného času na jednotlivé operce	38
Graf 2 – Porovnání nákladů jednotlivých operací.....	38
Graf 3 – Porovnání potřebného času pro pracovní činnosti	39
Graf 4 – Porovnání nákladů pro pracovní činnosti	39

Seznam příloh

Příloha 1 - Výkresová dokumentace formy A4

Příloha 2 - Tabulky stávající technologie výroby

Příloha 3 - Zkrácený vygenerovaný NC kód